

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ, КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ 20 ПРИ РАВНОКАНАЛЬНОМ УГЛОВЫМ ПРЕССОВАНИИ

Галлямова Р.Р.

Абрамова М.М., Зарипов Н.Г., Александров И.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г.Уфа

G_Rimma@inbox.ru

В последние годы большое внимание уделяется исследованиям фундаментальных основ повышения прочности при сохранении или даже увеличении высокой пластичности различных металлических материалов [1]. Это касается и конструкционных низкоуглеродистых сталей. Например, низкоуглеродистой конструкционной стали 20, широко применяющейся в технике. При производстве канатов, арматуры и прочих конструкционных изделий.

К настоящему времени установлено, что существуют возможности эффективно управлять прочностными характеристиками конструкционных сталей при сохранении достаточно высокого уровня пластичности за счет формирования ультрамелкозернистой (УМЗ), субмикроструктурной (СМК) и нанокристаллической (НК) структур методами интенсивной пластической деформации (ИПД) [2]. Однако влияние фазового состава, состояния границ зерен, кристаллографической текстуры, морфологии и химического состава упрочняющих фаз на формирующийся комплекс свойств этих сталей остаются до сих пор неясным. Понимание вклада каждого из указанных факторов позволит более эффективно управлять процессами структурообразования и формирования требуемого комплекса свойств сталей, подвергнутых ИПД.

Одним из перспективных методов ИПД является равноканальное угловое прессование (РКУП), которое позволяет получать объемные наноструктурные заготовки. В настоящей работе рассматривается влияние режимов РКУП на микротвердость, микроструктуру и механические свойства стали 20.

Исходные заготовки представляли собой прутки диаметром 20 мм и длиной 120 мм. Предварительно они были подвергнуты отжигу при 880 °С с последующей закалкой в воду и отпуску при 600 °С в течении 1 часа для равномерного распределения цементита по объему заготовок и снятия внутренних напряжений. РКУП проводили при температуре 400 °С по режиму В_с (с поворотом вдоль оси заготовки на 90° после каждого прохода), количество проходов – 4, 8, 12. Эволюцию микроструктуры исследовали методом оптической, просвечивающей электронной микроскопии в поперечном и продольном сечениях. Микротвердость (по Виккерсу) на микротвердомере Duramin и твердость (по Роквеллу) измеряли в поперечном и продольном сечениях. Механические испытания на растяжение проводили при комнатной температуре на универсальном динамометре Instron 1185. Испытания проводились на цилиндрических образцах с размерами рабочей части Ø3 x 15 мм. Скорость траверсы составляла 1 мм/мин. Прикладываемая нагрузка – 5 т.

Рентгеноструктурный анализ проводили на рентгеновском дифрактометре общего назначения ДРОН-3М. Текстурные исследования изучались с помощью дифрактометра Rigaku.

Оптическая и просвечивающая электронная микроскопия показали, что увеличение числа проходов образцов приводит к измельчению зерен. В исходном термообработанном состоянии размер зерен феррита составлял 20 ± 5 мкм, размер зерен сорбита 16 ± 5 мкм. Межпластинчатое расстояние в последнем – 0,6 мкм. После 4 и 8 проходов сформировалась однородная по объему микроструктура со средним размером зерен 200 ± 10 нм и 190 ± 10 нм, соответственно. После 12 проходов средний размер зерен уменьшается до 170 ± 10 нм.

Картины микродифракции показали, что формирование большеугловых границ зерен после 4 проходов еще не завершено. После 8 и 12 проходов отчетливо наблюдаются сформированные большеугловые границы зерен.

Рентгеноструктурный анализ показал, что величина микроискажений заметно увеличивается после РКУП в сравнении с исходным крупнокристаллическим, но практически не изменяется с увеличением числа проходов. При этом уровень микроискажений, как и размер зерен кристаллитов, зависит от принадлежности к той или иной текстурной компоненте. Так в направлении $\langle 110 \rangle$ этот уровень, по крайней мере, в два раза выше, чем в направлении $\langle 100 \rangle$ и в 3-4 раза выше, чем в направлении $\langle 211 \rangle$.

Исходное термообработанное состояние характеризуется слабо выраженной текстурой $(110)\langle 153 \rangle$. После 4 проходов РКУП зерна четко ориентированы и их ориентация $(110)\langle 112 \rangle$. Увеличение числа проходов приводит к незначительному ослаблению текстуры.

Оценка микротвердости показала, что в сравнении с исходным состоянием (микротвердость 2100 ± 100 МПа) максимальная микротвердость наблюдается после 4 проходов и составляет 3100 ± 190 МПа. После 8 проходов она составляет 2700 ± 140 МПа, после 12 проходов 2900 ± 170 МПа. Твердость для всех образцов после разного числа проходов РКУП отличается незначительно и составляет HRC 26-29.

В таблице 1 приведены результаты механических испытаний, из которых видно, что при увеличении числа проходов происходит увеличение прочностных характеристик, но при этом снижается пластичность. Однако к 12 проходам значение пластичности стабилизируется и составляет 12 ± 1 %. После 4 и 8 проходов наблюдается увеличение пределов прочности и текучести на 45% и 53% соответственно по сравнению с исходным состоянием, величина которых не существенно падает после 12 проходов (на 3% по сравнению с 8 проходами).

Таблица 1

Механические свойства стали 20

Вид обработки	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %
Исходное термообработанное	385 ± 10	535 ± 17	26 ± 2	73 ± 2
РКУП при 400°C , 4 прохода	713 ± 16	717 ± 13	18 ± 2	68 ± 2
РКУП при 400°C , 8 проходов	812 ± 7	812 ± 7	14 ± 2	69 ± 5
РКУП при 400°C , 12 проходов	785 ± 65	791 ± 60	12 ± 1	67 ± 1

Таким образом показано, что РКУП привело к эффективному измельчению структуры до СМК состояния с формированием субзеренной фрагментированной структуры (средний размер зерен около 200 нм). Увеличение числа проходов приводит к небольшому уменьшению размера зерна. РКУП позволяет повысить прочностные характеристики стали 20 (предел прочности от 530 МПа до 700-800 МПа) в зависимости от степени деформации. При этом сохраняются приемлемые характеристики пластичности материала около 12%. РКУП приводит к формированию однородной микроструктуры, перераспределению преимущественных кристаллографических ориентировок и формированию кристаллографической текстуры после 4 проходов, и незначительному ослаблению текстуры после 12 проходов РКУП.

Литература:

1. Е.Г. Астафурова, Е.В. Найденкин, С.В. Добаткин, Г.Г. Захарова «Структура и механические свойства низкоуглеродистой стали 10Г2ФТ, подвергнутой РКУП», ФММ. – 2006. -№4. – с.43-48. ISBN
2. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.